

639

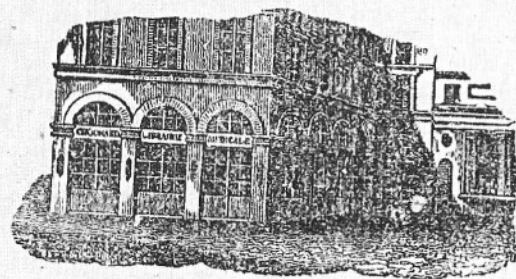
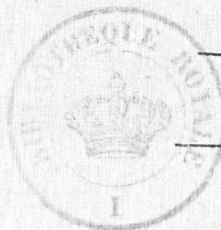
ANNALES  
DE  
CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR

MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME CINQUANTE-SEPTIÈME.

Septembre 1834.



PARIS,  
CROCHARD, LIBRAIRE-EDITEUR.  
Rue et place de l'Ecole-Médecine, n° 13.

R.2652  
V-57  
T 3219.  
J. D. S.

Q

17304

que, le soufre, une chaleur spécifique qui donnerait aussi un coefficient plus grand que 0,1875; car il a trouvé pour cette chaleur spécifique 0,209, résultat peu différent de 0,2085 celui de Lavoisier et La Place, au lieu de 0,188 que Dulong et Petit ont indiqué d'après leurs observations. Ce résultat pour le soufre est probablement excessif; mais ne peut-on pas conclure de l'ensemble de toutes ces observations que le coefficient de la loi des chaleurs spécifiques pour les corps composés, et en général pour les substances non métalliques, est réellement un peu plus grand que celui indiqué par les observations de Dulong et Petit pour les corps métalliques?

*Recherches sur la Composition de l'Atmosphère.*  
Premier Mémoire. *Sur la possibilité de constater l'Existence des Miasmes. — Sur la présence d'un principe hydrogéné dans l'air.*

Lu à l'Académie des Sciences le 4 août 1834,

PAR M. BOUSSINGAULT,

Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon.

Parmi les nombreuses questions qui se rattachent à l'histoire chimique de l'atmosphère, il en est peu qui soient plus dignes d'intérêt que celle qui a pour objet la recherche de la cause qui produit l'insalubrité de l'air. Le principe délétère qui occasionne le plus souvent cette

insalubrité est tellement fugace, il se trouve répandu en quantité si faible dans l'air que nous respirons, qu'il échappe à tous nos moyens eudiométriques; et telle est cependant son énergie, que nous sommes toujours avertis de sa présence par les ravages qu'il fait autour de nous. Il faut avoir vécu au milieu de ces populations languissantes, chez lesquelles la vieillesse est, pour ainsi dire, inconnue; il faut, peut-être, avoir ressenti soi-même les funestes effets du mauvais air, pour se former une idée de la subtilité de ce principe.

Les causes d'insalubrité considérées d'une manière générale sont tellement nombreuses, tellement variées dans leurs effets, qu'il serait impossible de les signaler toutes. Tout le monde sait, par exemple, qu'une humidité ou une sécheresse extrême, qu'un froid rigoureux ou une chaleur excessive, et que surtout des changemens subits de température peuvent exercer l'influence la plus fâcheuse sur l'état sanitaire d'un pays. Ainsi, dans le Choco, où il pleut constamment, et où, par conséquent, l'air est presque toujours saturé de vapeur aqueuse, il est difficile de rencontrer un individu qui ne soit pas atteint d'une affection scorbutique. Sur les plaines élevées des Andes, les populations sont quelquefois affligées d'ophtalmies assez graves; et dans ces cas, heureusement assez rares, l'atmosphère présente un état de sécheresse dont nous n'avons aucune idée en Europe; dans de semblables circonstances, on a vu l'hygromètre de Saussure indiquer 26°.

A Guallabamba, à Salinas de Mira, lieux situés dans la province de Quito, les fièvres intermittentes, qui y règnent si fréquemment, sont attribuées uniquement à

a grande différence qui existe entre la température du jour et celle de la nuit. En effet, le pays est élevé, sec, aride même; le jour, le soleil échauffe fortement un sol sablonneux, partout privé de verdure; et la nuit, sous un ciel favorable au rayonnement, l'air peut acquérir une température très basse. Dans le jour, lorsque la chaleur est devenue incommode, il suffit qu'un nuage vienne projeter momentanément son ombre sur la terre pour que le froid devienne assez vif.

Indépendamment de ces causes climatériques, qu'il est, au reste, extrêmement difficile d'apprécier relativement à l'influence qu'elles peuvent avoir sur l'insalubrité de certaines contrées, il en est une autre plus générale, plus énergique, et qui se développe toujours dans les mêmes circonstances. C'est de cette cause que nous nous occuperons spécialement dans ce Mémoire; elle se développe constamment là où la matière végétale morte est exposée à l'action de la chaleur et de l'humidité. Elle est propre à tous les pays chauds et marécageux ou à ceux qui sont entourés de forêts étendues. Son action se manifeste surtout d'une manière terrible là où il se fait un mélange d'eaux douces et d'eaux salées, à l'embouchure de grands fleuves, ou sur le littoral des golfes qui reçoivent de nombreux torrens. Cette cause agit souvent avec une telle énergie, qu'il suffit d'un séjour de très courte durée dans un lieu insalubre pour en ressentir toute l'influence maligne. Entre les tropiques, où de semblables localités sont très communes, on a remarqué que c'est toujours après l'époque des pluies, lorsque le sol commence à se dessécher, que l'insalubrité se manifeste. Dans les vastes steppes de San-Martin, à

l'est de Santa-Fé de Bogotà, les fièvres se déclarent chaque année, régulièrement après la saison pluvieuse. Il suffit alors qu'un habitant accoutumé à respirer l'air pur des montagnes descende dans la plaine, pour tomber malade presque à l'instant même.

Une époque où la cause insalubre sévit avec une rigueur extrême, est celle d'un grand défrichement. Sous la zone torride, un défrichement est un combat à mort entre l'homme et la végétation; les arbres qui tombent sous la hache du planteur exhalent, en se décomposant, les miasmes les plus délétères. La première colonie qui prétend conquérir la forêt, languit et s'éteint. Dans l'Amérique du Nord, l'hiver vient chaque année établir une trêve entre les combattans, la putréfaction est suspendue, et l'homme répare ses forces épuisées par la maladie. Entre les tropiques, la lutte est continuelle, et souvent c'est l'homme qui succombe. Je puis citer un fait remarquable à ce sujet. Le beau village d'Amaga, dans la province d'Antioquia, fut établi, il n'y a pas fort long-temps, au milieu d'un terrain très boisé. Le curé qui l'a fondé m'a assuré que pendant les six années qui suivirent le défrichement, la population ne faisait aucun progrès; les nouveaux habitans étaient presque tous atteints de fièvres intermittentes. Le mal dura tout le temps que les racines et les souches des arbres abattus et brûlés en partie mirent à se réduire en terreau; depuis, le canton est devenu de plus en plus salubre, et aujourd'hui c'est un des villages les plus importants de la province.

Panama, qui était couvert de forêts à l'époque où les Espagnols s'y établirent, n'était pas alors signalé comme



un climat mortifère, du moins les *conquistadores* ne s'appesantissent pas sur son insalubrité. Nous les voyons, au contraire, revenir à l'isthme, se reposer des périlleuses expéditions qui eurent lieu pendant la conquête du Pérou. L'insalubrité commence avec le défrichement, et, pendant plus d'un siècle, Panama présenta une mortalité effrayante; bientôt les maladies diminuèrent rapidement, et à l'époque actuelle, si l'on en excepte les marécages de Chagres, l'isthme, sur le littoral de l'océan Pacifique, n'est pas plus insalubre qu'un point quelconque de la côte du Choco.

C'est surtout dans les localités où les eaux de la mer peuvent se mêler aux eaux douces et stagnantes que les effets délétères sont les plus tranchés. Vitruve recommandait de ne pas établir une ville dans de semblables circonstances. L'insalubrité des marais salans des côtes de la Méditerranée en fournit une nouvelle preuve; et, dans un Mémoire du plus haut intérêt, M. Gaetano Georgini a établi, de la manière la plus évidente, que c'est à un semblable mélange que Via-Reggio et tous les lieux placés sur les bords de la mer, au pied des Apennins, durent leur climat malsain, jusqu'à ce que, en 1741, on procéda à l'assainissement du pays en établissant des écluses qui empêchèrent l'eau de la mer de pénétrer dans les marais de l'intérieur (1). Dès lors la population chétive et stationnaire de cette côte augmenta dans une proportion rapide. Ainsi, Via Reggio, qui, en 1733, ne comptait qu'une population malade de 330 ha-

(1) *Annales de Chimie et de Physique.*

bitans, en offrait une de plus de 4000 en 1823. En Amérique, les pays dans le voisinage desquels il se fait un mélange d'eau douce et d'eau salée sont également très malsains. Le fond, ou, comme on l'appelle plus communément, le sac du golfe de Maracaibo est, pour ainsi dire, inhabitable; et l'on est à peu près certain d'avoir la fièvre lorsque l'on traverse les cienegas ou marais de Santa Marta. Il y a même certaines localités qui présentent une insalubrité étonnante. On cite, par exemple, sur la côte du littoral de Venezuela, Caitia comme tellement insalubre, que les nègres seuls sont capables de résister à son climat; et l'on raconte qu'il suffisait à plusieurs de ces noirs de rester chez eux pour ne pas payer leurs dettes, personne n'osant les y poursuivre depuis qu'un huissier, qui avait été assez téméraire pour porter un exploit au hameau de Caitia, y mourut, en quelques heures, d'un violent accès de fièvre. Nous observons donc une insalubrité très marquée dans tous les pays qui réunissent à une température chaude un sol humide, et nous voyons cette insalubrité augmenter encore d'intensité pendant les grands défrichemens et lorsqu'il y a mélange de l'eau de la mer avec des eaux douces et stagnantes. Il faut donc que, dans de semblables conditions, la chaleur produise un principe délétère; car ce n'est pas la chaleur seule qui cause l'insalubrité d'une contrée. Je pourrais présenter ici un résumé des observations météorologiques faites comparativement dans les plaines du Meta placées à l'est de la Cordillère orientale, et dans la vallée de la Magdalena, située à l'ouest de la même Cordillère; dans les deux localités, on verrait le baromètre se tenir à la même hauteur, on retrouverait les mêmes variations

thermométriques, le même état hygrométrique de l'atmosphère. La seule différence est que les llanos du Meta sont inondés une partie de l'année; et cette circonstance suffit pour y faire naître le principe de l'insalubrité. C'est ce principe que l'on désigne sous le nom de miasme.

Dans tous les pays marécageux, les précautions hygiéniques recommandées par les habitans sont les mêmes. Dans les marais Pontins, comme dans ceux de la Caroline du Sud, on prévient les voyageurs de ne pas s'exposer à la rosée qui se dépose immédiatement après le coucher du soleil. J'ai retrouvé les mêmes idées dans les vallées si malsaines de Patia et du Cauca. Partout aussi on a observé qu'une différence de niveau, souvent très légère, met une habitation à l'abri de l'influence délétère, qui sévit dans le fond d'une vallée. L'hacienda del Esmero, placée à quelques centaines de mètres au dessus de la Vera-Cruz, ne partage pas, suivant de Humboldt, l'insalubrité de la côte. Le joli village de Turbaco, qui est seulement élevé de 364 mètres sur le niveau de la mer, est exempt de la fièvre jaune (*vomito prieto*) qui ravage si souvent le port de Cartagena. De tous ces faits qui sont bien constatés, et dont je pourrais encore citer un bon nombre, on a conclu que la matière organique végétale, en se décomposant sous l'influence d'une forte chaleur et d'une humidité constante, produisait des miasmes. On a, par les mêmes raisons, supposé que l'air malsain, le mauvais air, était plus pesant que l'air pur; enfin, on a admis que les miasmes se déposaient en partie avec la rosée qui, dans les pays chauds et humides, se forme avec abondance immédiatement après le coucher

du soleil. Aussi, l'idée de miasmes a-t-elle toujours été liée à celle de la formation de la rosée.

Depuis long-temps l'on savait qu'un corps, possédant une température inférieure à celle de l'atmosphère, se couvrait d'humidité lorsqu'il était exposé au contact de l'air. Les académiciens del Cimento avaient même construit un hygromètre sur ce principe. Mais c'est bien réellement un savant italien, M. Moscati, qui eut le premier l'idée de condenser l'eau dissoute dans l'atmosphère, dans le but d'y rechercher le principe qui occasionait le mauvais air.

Moscati fit ses expériences dans les rizières de la Toscane. Il suspendait à quelque distance du sol des matras remplis de glace. L'eau qui se déposait à la surface des matras pouvait se recueillir aisément. Cette eau, d'abord limpide, présenta bientôt des petits flocons qui possédaient des propriétés propres aux matières animalisées. Cette liqueur finit, au bout de quelques jours, par se putréfier complètement.

Dans le courant de l'année 1812, M. Rigaud de l'Isle entreprit, dans les marais du Languedoc, une série d'essais dirigés dans le même sens. Il recevait la rosée sur une large surface de verre formée par la réunion de plusieurs carreaux. L'eau qu'il se procurait par ce moyen offrit les mêmes phénomènes que l'eau recueillie par Moscati. Elle se putréfiait en laissant déposer des flocons d'une matière organique de nature azotée. De plus, elle donnait, avec le nitrate d'argent, un précipité qui passait promptement au pourpre. M. Rigaud chercha à établir par des expériences faites sur les animaux l'action délétère de cette eau lorsqu'elle était prise à l'intérieur,

et il vit dans les miasmes qu'elle peut contenir la cause générale des épizooties. Ces expériences ne me paraissent nullement concluantes; au moins est-il de fait que, dans les llanos les plus malsains de l'Amérique, on voit souvent les animaux manger l'herbe couverte de rosée sans qu'ils en éprouvent le moindre accident. En 1819, à une époque à laquelle je parcourais le département de l'Ain dans un but de recherches géologiques, je remarquai que de l'acide sulfurique que j'avais placé dans la proximité d'une mare, dans laquelle on faisait rouir du chanvre, devenait noir très promptement. Loin du centre de putréfaction, l'acide ne noircissait, au contraire, que très lentement. Tout le monde connaît l'odeur infecte qui émane des mares dans lesquelles s'opère le rouissage; et quand je traversai ce département, les fièvres régnaient dans presque toutes les campagnes. Il est plus que probable que la couleur noire que prenait l'acide était occasionnée par la carbonisation d'une matière organique qui se trouvait suspendue dans l'air. Je fis, à ce sujet, d'assez nombreuses observations, qui, malheureusement, sont au nombre de celles que j'ai égarées.

Au moment de quitter l'Europe pour aller visiter l'Amérique méridionale, je fis part à M. de Humboldt des résultats que j'avais obtenus dans les chanvrières de l'Ain. Ce savant illustre approuva fortement l'idée que j'avais conçue, d'exécuter de nouvelles expériences sur ce sujet dans les climats malsains dans lesquels j'allais me trouver exposé. A peine arrivé en Amérique, je m'empressai, conjointement avec M. de Rivero, de commencer ces recherches. Les circonstances n'étaient malheureusement que trop favorables. Nous nous trouvions alors à Mara-

cay, sur les bords du lac de Taricagua. C'était dans la saison sèche; les eaux du lac se retiraient, et les terrains, naguère inondés, présentaient une vase fétide qui versait dans l'air le principe délétère. La fièvre se trouvait dans toutes les habitations. A l'ouest de Valencia, dans les lignes militaires de Puerto-Cabello, il existait également une cause d'insalubrité très énergique qui éclaircissait journellement les rangs de l'armée républicaine, qui faisait alors le siège de cette place. Nous étions pourvus d'acide sulfurique d'une grande pureté. Nous vîmes cet acide, exposé à Maracay au contact de l'air, prendre en 12 heures une teinte noire extrêmement foncée. Il en fut de même à Valencia; mais bientôt je reconnus qu'on ne devait accorder aucune confiance dans ce mode d'expériences, parce que je m'aperçus que les nombreux insectes qui remplissent l'air des tropiques contribuaient, peut-être, plus que toute autre chose à noircir l'acide en venant s'y carboniser. Dès lors j'abandonnai totalement ce procédé.

Ce fut seulement en 1829 que je tentai de nouvelles recherches sur les miasmes. A cette époque je me trouvais à Cartago. La vallée du Cauca, à l'extrémité nord de laquelle cette ville est située, présente une rivière considérable, le Cauca, qui, pendant un cours de plus de 60 lieues, possède une hauteur absolue de 800 à 900 mètres. Son courant est, dans tout cet espace, peu rapide, et lors des crues les terrains s'inondent, surtout dans les environs de Cali et de Buga, et il se forme des lagunes qui rendent le pays assez insalubre. Cartago n'est pas placée dans des circonstances aussi défavorables que Cali et Buga; mais quand le vent souffle du sud, cette ville est soumise à



l'influence de l'air qui a balayé tous les marais de la vallée; alors les maladies sont fort communes à Cartago. Telles étaient les conditions sous lesquelles je commençai mes expériences.

Peu après le coucher du soleil, je posai deux verres de montre sur une table placée au milieu d'un pré marécageux. Dans l'un des verres je versai de l'eau distillée chaude, afin d'en mouiller la surface, et de lui communiquer en même temps une température supérieure à celle de l'air. Le verre froid, en abaissant sa température par l'effet du rayonnement nocturne, ne tardait pas à se couvrir d'une rosée abondante. Le verre chaud ne pouvait évidemment condenser de la rosée. En ajoutant une goutte d'acide sulfurique distillé dans chaque verre, et évaporant à sec à la chaleur d'une lampe à l'esprit de vin, on voyait toujours une trace de matière carbonneuse adhérente au verre dans lequel la rosée s'était déposée, tandis que le verre qui n'en avait point reçu était parfaitement net après la volatilisation de l'acide. Cette manière d'opérer présentait l'avantage d'exiger très peu de temps, et quand un moustique venait à tomber dans l'eau des verres, il était facile de l'enlever avant de faire agir l'acide. J'avais opéré comparativement avec deux vases à différentes températures, pour répondre aux objections que l'on a pu élever contre les expériences de Moscati, en ce sens que les matières organiques, les poussières qui voltigent dans l'air, avaient bien pu adhérer, se fixer à la surface humide de ses matras. Or, dans mes expériences, la poussière organique, si tant qu'il en existe, aurait dû également s'attacher à la surface de l'eau distillée chaude, et, dans ce cas, l'acide

sulfurique aurait dû produire également une trace carbonneuse. C'est ce qui n'a point eu lieu. Je continuai ces expériences pendant plusieurs soirées. Mais bientôt je ressentis sur moi-même l'effet des miasmes dont je cherchais à constater la présence; je fus atteint d'une fièvre qui me força d'interrompre mes recherches.

Je repris mes expériences à la Vega de Zupia. Zupia occupe le fond d'une étroite vallée, sillonnée par un torrent qui l'inonde fréquemment. Ce village est chaud, très humide; les fièvres y étaient alors très fréquentes.

Les résultats obtenus par Moscati et Rigaud, ceux que j'avais obtenus moi-même à Cartago, prouvaient bien évidemment que, dans les endroits marécageux, pendant la précipitation de la rosée, il y avait une matière organique qui se déposait avec elle; mais on ne pouvait réellement se former, par ce genre d'expériences, aucune idée de quantité.

En admettant *à priori* que le miasme contient, comme toute matière organique, l'hydrogène au nombre de ses élémens, je conçus l'idée, non seulement d'en accuser la présence dans l'air, mais encore de le doser jusqu'à un certain point en déterminant le poids de l'hydrogène qui pouvait entrer dans sa composition. Pour arriver à ce but, je faisais passer un poids donné d'air malsain bien desséché à travers un tube de verre chauffé au rouge; à cette haute température, le miasme se brûlait, son hydrogène formait de l'eau qui était recueillie dans un tube contenant du chlorure de calcium. En pesant ce tube avant et après l'opération, on avait la quantité d'eau qui s'était formée, et partant la quantité d'hydrogène qui avait concouru à sa formation. Au reste, cette expé-

rience si facile à énoncer présente de grandes difficultés d'exécution. Il faut être parfaitement certain d'opérer sur de l'air sec; autrement, on serait exposé à prendre pour de l'eau provenant de la combustion du miasme de l'eau purement hygrométrique. Je dirai tout à l'heure, en décrivant avec détail l'appareil que j'ai employé, les précautions minutieuses qu'il faut prendre quand on veut se mettre à l'abri de toute cause d'erreur.

Dans le courant de juillet 1830, j'entrepris plusieurs expériences. Un volume d'air sec, dont le poids variait de 305 à 310 grammes (1), produisit plusieurs fois jusqu'à 0,050 d'eau, équivalant à 0,005 d'hydrogène. Les chaleurs ayant continué, le sol se dessécha tous les jours davantage; la quantité d'eau donnée par un même volume d'air diminua de plus en plus; vers la fin de juillet, j'en obtenais plus que 0,012 d'eau représentant 0,0013 d'hydrogène.

Dans ces expériences, l'air malsain se rendait directement dans le tube chauffé au rouge, après avoir traversé un long tube rempli de fragmens de chlorure de calcium, mais lorsque, avant de faire pénétrer l'air dans le tube chauffé, je le faisais passer à travers une couche d'acide sulfurique, en un mot, quand je lavais cet air, alors je n'obtenais plus de trace sensible d'eau, la matière organique restait dans le liquide. Dans certains cas, j'ai cru apercevoir dans le tube à chlorure, destiné à recevoir l'eau qui se formait dans l'opération, une très légère augmentation de poids; mais quelquefois aussi le tube à chlorure, quand il ne renfermait pas du chlorure récemment fondu, perdait évidemment en pesanteur.

(1) Pour convertir en poids les volumes d'air sur lesquels j'opérai, j'ai admis qu'un litre d'air à 0° pesait 1,293.

Ces résultats rendent donc extrêmement probable que les miasmes qui se produisent dans les pays marécageux consistent en une substance floconneuse. On peut même concevoir l'efficacité de certaines précautions qui ont été indiquées pour se préserver de leurs effets. On a dit, par exemple, qu'il suffisait de se couvrir la figure d'une voile. J'ai vu, en effet, plusieurs fois, dans les marais du Cauca, les personnes obligées de les parcourir, s'en-tourer le visage d'un mouchoir de manière à ne respirer qu'à travers le tissu.

Les résultats auxquels je suis parvenu à la Vega de Zapia ne sont pas assez nombreux pour permettre d'en tirer une conséquence de quelque importance. Il eût fallu suivre ces expériences pendant plusieurs mois. Ce que je n'ai pu faire en Amérique, j'espère pouvoir l'exé-cuter en Europe; en France même il ne manque pas de localités insalubres où il sera facile de continuer ces recherches. En attendant, j'ai cru devoir faire connaître le procédé dont j'ai fait usage, parce qu'il me paraît convenir parfaitement, toutes les fois qu'il s'agira de rechercher un principe organique existant dans l'atmosphère en quantité, pour ainsi dire, infiniment petite.

## §II. *Recherches sur un principe hydrogéné contenu dans l'air.*

Nous avons vu qu'en soumettant à une température élevée de l'air malsain desséché et lavé avec de l'acide sulfurique, on n'observait plus une production sensible d'eau, on, tout au moins, que cette production était fort douteuse. Il importait d'éclairer ce point, qui se